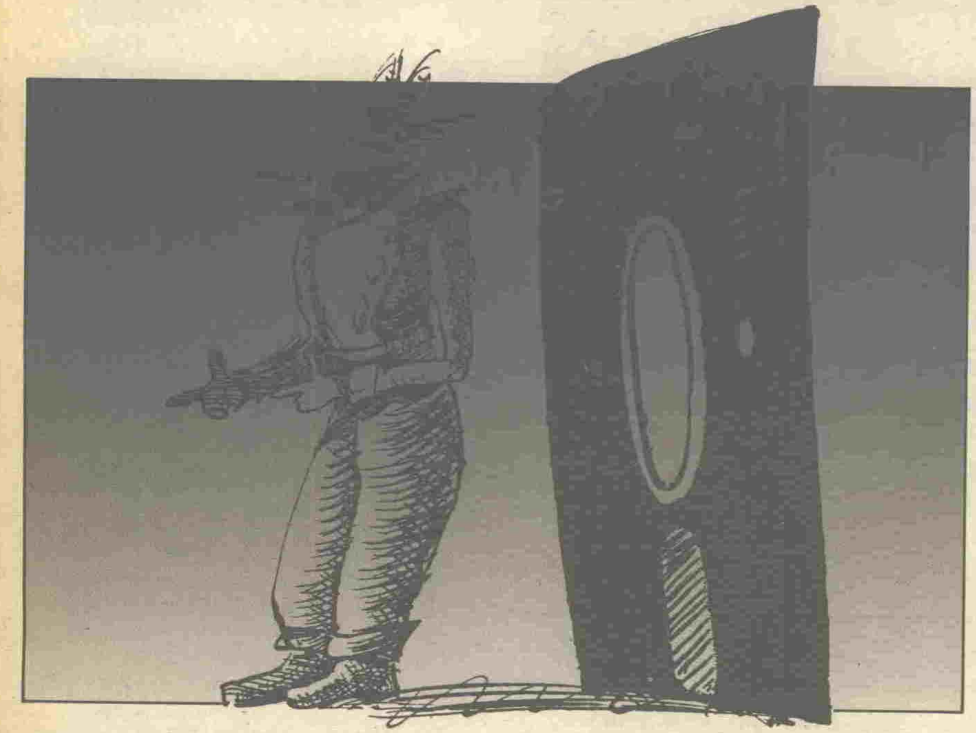
เรื่องน่าอ่าน
สิทธิพงศ์ จันทร์แสงอรุณ

มารู้จักกับ โทเก้นริงกันเถอะ



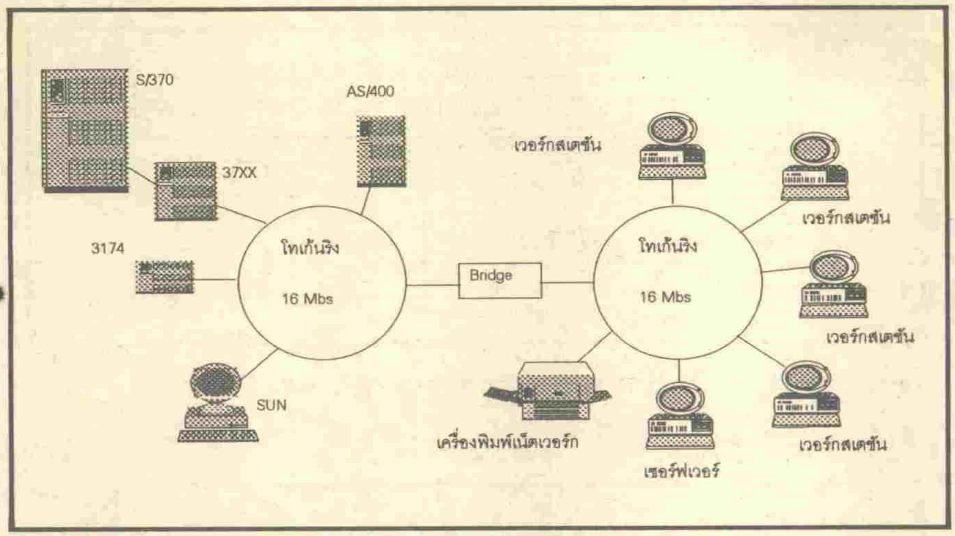
พาท่านไปพบกับ ประวัติความเป็นมา และการทำงาน ของ โทเก้นริง อย่างละเอียด

หลาย ๆ คนคงเคยได้ยินเกี่ยวกับระบบเครือข่ายแบบโทเก้นริงกันมาบ้างแล้ว เราจะมากล่าวถึงโทเก้นริงและการทำงานของมันอย่างละเอียด แต่คงยังมีคนไม่มากนักที่ได้ทำงานกับระบบโทเก้นริงในปัจจุบัน คงเป็นเพราะว่าเมื่อก่อนราคาของอุปกรณ์ต่อเชื่อมของโทเก้นริงมีราคาแพงมากกว่าอีเธอร์เน็ต และมีอุปกรณ์ให้เลือกน้อยกว่า จึงทำให้บริษัทมากมายเลือกที่จะใช้ระบบเครือข่ายแบบอีเธอร์เน็ต ปัจจุบันเหตุการณ์ต่าง ๆ กำลังจะเปลี่ยนไป เพราะใน 1-2 ปีมานี้อุปกรณ์ทางด้านโทเก้นริงมีราคาถูกลงมาก และก็มีอุปกรณ์มากมายให้ผู้ใช้ได้เลือกมากขึ้น ความเร็วของอีเธอร์เน็ตถูกจำกัดอยู่ที่ 10 เมกะบิตต่อวินาที ในขณะที่โทเก็นริงมีความเร็วให้เลือกคือ 4 และ 16 เมกะบิตต่อวินาที ทั้งนี้ network overhead ของอีเธอร์เน็ตยังมากกว่าโทเก้นริง อีกทั้งความสามารถในการจัดการเวอร์กสเตชันแบบโทเก้นริงมีความสามารถสูงกว่าเมื่อเทียบกับของอีเธอร์เน็ต

คุณยังสามารถใช้ระบบโทเก้นริงเพื่อเชื่อมต่อระบบคอมพิวเตอร์ชนิดต่าง ๆ ได้มาก โดยเฉพาะระบบเครื่องเมนเฟรม หรือมินิของบริษัทไอบีเอ็ม ไม่ว่าจะเป็น S/370 RS/6000 หรือ AS/400 และบริษัทชั้นนำอื่น ๆ เช่น ซัน ฯลฯ ดังในรูปที่ 1 จะเห็นว่าระบบโทเก้นริงเป็นระบบที่น่าสนใจศึกษาอย่างมาก ผู้เขียนไม่แปลกใจเลยที่บริษัทใหญ่ ๆ หลายแห่งเริ่มศึกษาและเริ่มนำระบบโทเก้นริงมาใช้เป็นมาตรฐานของระบบเครือข่ายภายในบริษัทมากขึ้น รูปที่ 1 แสดงให้เห็นถึงตัวอย่างระบบเครือข่ายโทเก้นริงแบบง่าย ๆ ที่ต่ออยู่กับระบบเมนเฟรม มินิ และแลนเซอร์ฟเวอร์

ประวัติของโทเก้นริง

เดิมทีหลักการของระบบโทเก้นริงเริ่มต้นมาจากประเทศสวีเดน ในปลาย ๆ ทศวรรษที่ 60 มีการนำมาใช้งานจริงที่ประเทศสวิสเซอร์แลนด์เป็นครั้งแรก และถูกเรียกว่า ซูริกส์ริง (Zurich Ring) โทเก้นริงเริ่มถูกพัฒนาอย่างจริงจังจากบริษัทไอบีเอ็มในปลายทศวรรษที่ 70 และยังคงเป็นระบบเครือข่ายหลักที่ไอบีเอ็มนำมาใช้ในปัจจุบันอีกด้วย ในปี 1985 ระบบโทเก้นริงของบริษัทไอบีเอ็มได้รับการยอมรับอย่างเป็นทางการเมื่อมาตรฐาน IEEE 802.5 ได้ถูกประกาศใช้ และไอบีเอ็มออกอุปกรณ์ทางด้านโทเก้นริงมาขายในตลาดทางเน็ตเวอร์ก



รูปที่ 1 ตัวอย่างการใช้งานของระบบเครือข่ายแบบโทเก้นริง

บริษัทไอบีเอ็มและ Texas Instruments ได้ร่วมมือกันพัฒนาชิพเซตของโทเก้นริงขึ้นมาใช้ ไอบีเอ็มเองก็พัฒนาระบบสายสัญญาณขึ้น และได้ประกาศถึงความตั้งใจที่จะทำให้โทเก้นริงเป็นเน็ตเวอร์กแบบเปิด (open network architecture) อีกทั้งได้ร่วมมือกับ IEEE เพื่อออกส่วนต่อเติมของมาตรฐาน 802.5 ชิพเซตที่ไอบีเอ็มร่วมทำกับ TI สามารถใช้ได้โดยบริษัทอื่น ๆ ที่จะสร้างอุปกรณ์ทางโทเก้นริงออกมา

ในปัจจุบันระบบเครือข่ายโทเก้นริงกำลังเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว ระบบเครือข่ายใหม่ ๆ หันมาใช้เป็นระบบโทเก้นกันมาก เพราะระบบโทเก้นริงมีความสามารถสูงกว่า และมีระบบการจัดการเน็ตเวอร์กที่ดีกว่าระบบบัสของอีเธอร์เน็ต

การทำงานของโทเก้นริง

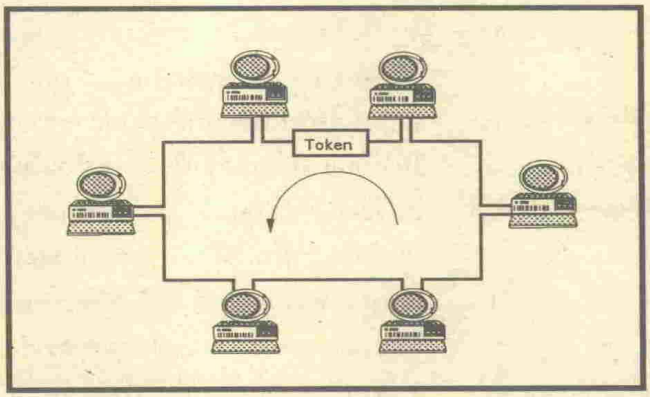
หลักการง่าย ๆ ของระบบโทเก้นริงสามารถอธิบายได้จากรูปที่ 2

เวอร์กสเตชันแต่ละตัวจะถูกต่อเข้าด้วยกันเป็นรูปวงของ ริงโทโปโลยี (ring topology) ตัวโทเก้น (token) คือดาต้าขนาด 3 ไบต์ซึ่งวิ่งวนอยู่ในริง หลักการทำงานง่าย ๆ ก็คือ เมื่อตัวโทเก้นวิ่งมาถึงเวอร์กสเตชันที่ไม่ต้องการส่งข้อมูล ตัวโทเก้นก็จะถูกส่งต่อไปที่เวอร์กสเตชันตัวถัดไป เวอร์กสเตชันแต่ละตัวจะจับตัวโทเก้นไว้ได้เป็นเวลานานไม่เกินช่วงเวลาที่กำหนดไว้เท่านั้น

เวอร์กสเตชันตัวใดที่ต้องการส่งข้อมูลติดต่อกับผู้อื่นต้องรอให้ตัวโทเก้นวิ่งมาถึง และตรวจสอบว่าขณะนั้นมีเวอร์กสเตชันตัวอื่นจองตัวโทเก้นอยู่หรือไม่ ถ้าตัวโทเก้นยังไม่ถูกจองอยู่เวอร์กสเตชันที่ต้องการส่งผ่านข้อมูลก็จะนำเอาดาต้าที่ต้องการส่งมาต่อเข้ากับตัวโทเก้น และเปลี่ยนสถานะของตัวโทเก้นเป็นดาต้าเฟรม (data frame) จากนั้นก็ส่งดาต้าเฟรมนี้ต่อไปยังเวอร์กสเตชันตัวถัดไป ขณะที่ดาต้าเฟรมวิ่งอยู่ในริงจะไม่มีตัวโทเก้นวิ่งอยู่ในริงแล้ว นั่นก็หมายความว่าจะไม่มีเวอร์กสเตชันตัวใดสามารถส่งดาต้าออกมาได้ ดังนั้นจึงไม่มีการชนกันของข้อมูลเกิดขึ้น ในระบบโทเก้นริงปัจจุบันส่วนใหญ่จะสามารถยอมให้มีตัวโทเก้นวิ่งขณะดาต้าเฟรมวิ่งอยู่ในริงได้ วิธีนี้เรียกว่า early token release ในวิธีนี้เมื่อเวอร์กสเตชันส่งดาต้าเฟรมเสร็จสิ้นแล้ว มันก็จะปล่อยตัวโทเก้นตัวใหม่ออกมา

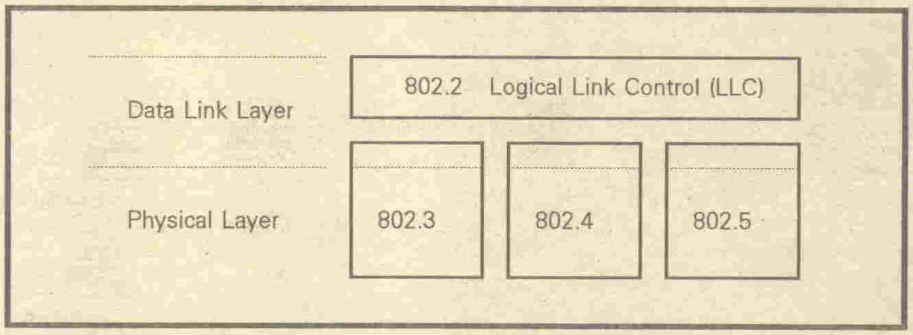
ดาต้าเฟรมจะวิ่งอยู่ในริงจนกว่าจะไปจนถึงเวอร์กสเตชันที่ต้องการ ซึ่งจะทำการคัดลอกข้อมูลออกมาจากดาต้าเฟรมและทำการเซตบิตในดาต้าเฟรม เพื่อบอกว่าได้ทำการคัดลอกดาต้าเรียบร้อยแล้ว เมื่อดาต้าเฟรมวิ่งกลับมาถึงผู้ส่ง และผู้ส่งเช็คแล้วว่าข้อมูลได้ถูกคัดลอกเรียบร้อยแล้ว มันก็จะเปลี่ยนสถานะของดาต้าเฟรมกลับเป็นตัวโทเก้นเหมือนเดิม และปล่อยมันต่อไปยังเวอร์กสเตชันตัวถัดไป

คุณจะเห็นได้ว่าในระบบโทเก้นริง

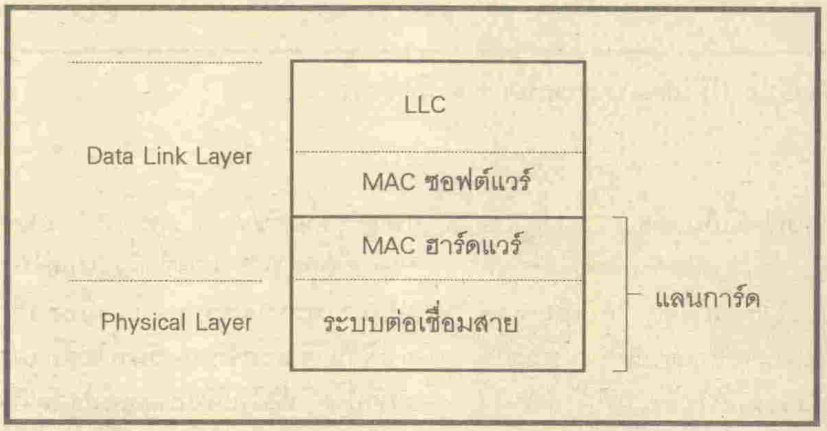


รูปที่ 2 การวิ่งของตัวโทเก้นในระบบเครือข่ายแบบโทเก้นริง

จะมีเวอร์กสเตชันที่ส่งข้อมูลได้เพียงตัวเดียวในขณะใดขณะหนึ่งเท่านั้น การชนกันของข้อมูลก็จะไม่สามารถเกิดขึ้นได้เลย เมื่อเทียบกับระบบบัส (bus) ของอีเธอร์เน็ตซึ่งใช้วิธีการตรวจสอบไปที่บัสว่ามีผู้ใดส่งข้อมูลอยู่หรือไม่ ถ้าเมื่อใดมีเวอร์กสเตชันสองตัวต้องการส่งข้อมูลพร้อมกันหรือในเวลาที่ใกล้เคียงกันมาก ๆ เวอร์กสเตชันทั้งสองตัวก็จะเช็คบัสและเห็นว่าว่างอยู่จึงทำการส่งข้อมูลออกไปพร้อมกันทั้งสองตัว การชนกันของข้อมูลจึงเกิดขึ้น



รูปที่ 3 การวางตัวของโทเก้นริง (802.5) กับโมเดลของ OSI ระดับ 1 และ 2



รูปที่ 4 รายละเอียดของ LLC และ MAC

มาตรฐาน IEEE

เมื่อนำระบบโทเก้นริงมาเทียบกับโมเดลของ OSI (Open Systems Interconnect) แล้วส่วนที่เป็นโทเก้นริงจะอยู่ในระดับ 1 (Physical) และ 2 (Data-Link) ระบบโทเก้นริงเป็นหนึ่งในมาตรฐาน IEEE 802 ซึ่งประกอบขึ้นด้วยมาตรฐานอื่น ๆ เช่น

- 802.1 MAC ของ Bridges และ Bridge Management
- 802.2 Logical Link Control (LLC)
- 802.3 CSMA/CD (ใช้ในระบบอีเธอร์เน็ต)
- 802.4 Token Passing Bus (โทเก้นบัส)
- 802.5 Token Passing Ring (โทเก้นริง)

ในรูปที่ 3 แสดงให้เห็นถึงการวางตัวของโทเก้นริงกับมาตรฐาน IEEE 802 อื่น ๆ เมื่อเทียบกับโมเดลของ OSI ระดับ 1 และ 2

ในมาตรฐาน 802.5 ของ IEEE มีส่วนที่เลยเข้าไปในระดับที่ 2 ของ OSI โมเดล ใน Data Link Layer สามารถแบ่งออกได้เป็นสองส่วนใหญ่ ๆ คือ Logical Link Control (LLC) และ Media Access Control (MAC)

LLC จะทำการส่งผ่านข้อมูลจาก MAC ขึ้นไปในระดับที่สูงกว่าโดยไม่คำนึงว่า ระดับที่อยู่ใต้มันจะเป็นระบบโทเก้นริง (802.5) โทเก้นบัส (802.4) หรืออีเธอร์เน็ต (802.3) MAC จะเป็นหัวใจหลักในการควบคุมดูแลการทำงานในระดับเวอร์กสเตชันในระบบโทเก้นริง มันจะคอยตรวจสอบควบคุมเวอร์กสเตชันทุกตัวในระบบ MAC จะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์ซึ่งประกอบกับระบบการต่อเชื่อมสัญญาณอยู่ในแลนอะแดปเตอร์การ์ดนั่นเอง ส่วนที่สองคือส่วนของซอฟต์แวร์ที่คอยติดต่อระหว่างแลนอะแดปเตอร์การ์ดกับ LLC รายละเอียดแสดงอยู่ในรูปที่ 4

Token Ring Cable

สายสัญญาณในระบบโทเก้นริงแบ่งเป็น 3 แบบคือ สาย UTP STP และ Fiber Optic (สายไฟเบอร์ออปติก) และมีมากมายหลายชนิดในแต่ละแบบ แต่ผู้เขียนจะขอกล่าวถึงชนิดที่สำคัญ ๆ ในแต่ละแบบเท่านั้น สายสัญญาณในระบบโทเก้นริงจะใช้ สายทั้งหมด 4 เส้นในการรับและส่งสัญญาณ ยกเว้น

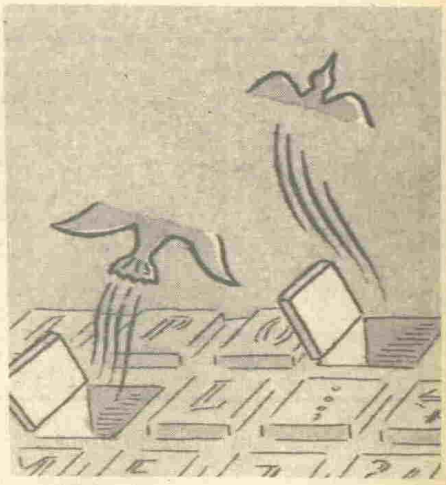
สายไฟเบอร์ออปติกซึ่งจะใช้เพียง 2 เส้นเท่านั้น รูปที่ 5 จะแสดงให้เห็นการทำงานของสายสัญญาณทั้ง 3 แบบ

1. **สาย STP (Shield Twisted Pair)** เป็นสายที่มีการกั้นสัญญาณรบกวนได้ดี สายสัญญาณมีการตีเกลียวกันอยู่เพื่อลดสัญญาณรบกวนในสาย มีขนาดใหญ่ซึ่งทำให้การจัดสายทำได้ยาก และมีราคาที่แพงเมื่อเทียบกับแบบ UTP มี 2 ชนิดที่นิยมใช้กันคือชนิด Type 1 และ Type 6

- สาย Type 1 เป็นสายที่นำสัญญาณได้ดีมาก ใช้ได้กับความเร็ว 4 และ 16 Mbps สามารถใช้กับความเร็วได้ถึง 100 Mbps เป็นสายที่นิยมใช้กันมาก มีค่า impedance เท่ากับ 150 โอห์มที่ 3-20 เมกะเฮิรตซ์ เหมาะสำหรับใช้ต่อเชื่อมทั่วไป ความยาวของสายที่สามารถใช้ได้คือ 200 เมตรที่ 4 Mbps และ 100 เมตรที่ 16 Mbps ผู้เขียนเคยใช้สาย STP ยาวถึง 190 เมตรที่ 16 Mbps ก็ยังสามารถใช้ได้ดี
- สาย Type 6 เป็นสายที่มีความสามารถในการนำสัญญาณต่ำกว่า Type 1 มีขนาดเล็กกว่า ตัวสายมีลักษณะนิ่มกว่าสาย Type 1 เหมาะสำหรับใช้เป็นสายต่อเชื่อมระหว่าง HUB และ HUB ที่อยู่ใกล้ ๆ กัน หรือใช้ในการต่อเชื่อมสายสัญญาณเข้าด้วยกัน ความยาวสูงสุดที่ใช้ได้คือ 30 เมตรที่ 4 และ 16 Mbps

2. **สาย UTP (Unshield Twisted Pair** เป็นสายที่นิยมใช้กันอย่างมากในปัจจุบันทั้งในด้านโทเก้นริงและอีเธอร์เน็ต เป็นสายที่มีความคล่องตัวสูง เพราะมีขนาดเล็กและมีราคาถูกกว่าสาย STP ที่นิยมใช้กันอยู่ 3 ชนิดคือ

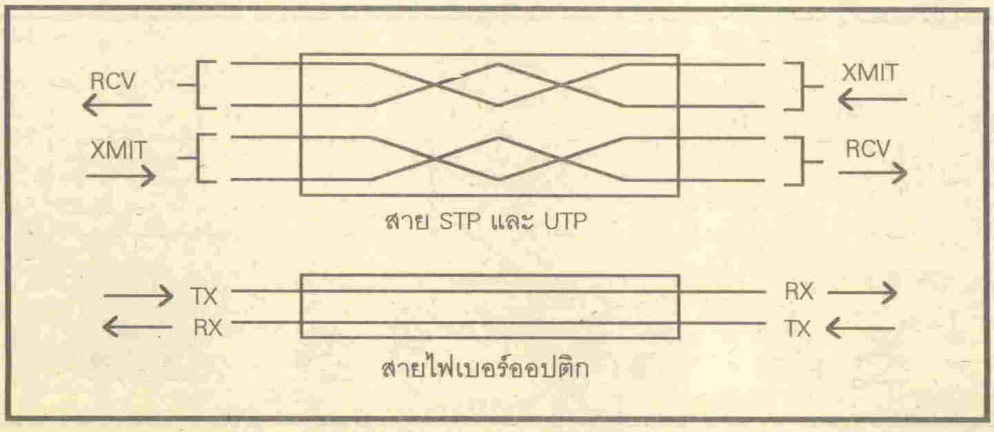
- Level 3 เป็นสายที่สามารถใช้ความเร็วสูงสุด 16 Mbps เหมาะที่จะใช้กับระบบโทเก้นริงที่มีความเร็ว 4 Mbps มีค่า impedance ที่ 100 โอห์ม ความยาวของสายที่แนะนำให้ใช้คือ 100 เมตรที่ความเร็ว 4 Mbps และ 50 เมตรที่ความเร็ว 16 Mbps
- Level 4 เป็นสายที่ใช้กับความเร็วของสัญญาณสูงสุด 20 Mbps เหมาะสำหรับใช้ในระบบโทเก้นริงมาก มีค่า impedance ที่ 100 โอห์ม สามารถใช้สายได้ยาว 100 เมตรที่ความเร็ว 4 และ 16 Mbps
- Level 5 เป็นสายที่ดีที่สุดในตระกูลของ UTP สามารถใช้ได้กับความเร็วของสัญญาณได้ถึง 100 Mbps มีค่า impedance ที่ 150 โอห์ม สามารถใช้สายได้ยาว 100 เมตรที่ความเร็ว 4 และ 16 Mbps



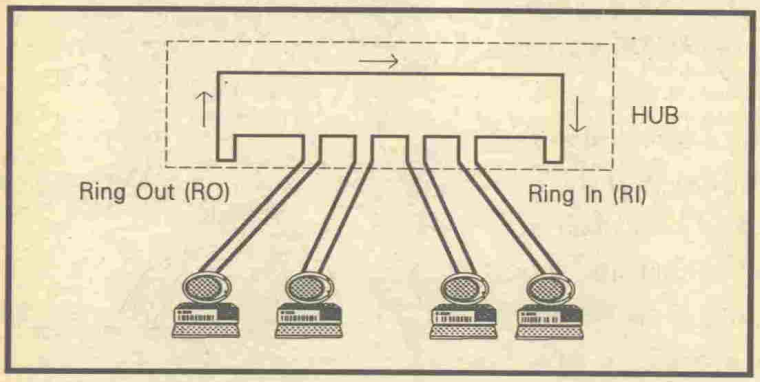
3. **สายไฟเบอร์ออปติก (Fiber Optic)** เป็นสายที่มีขนาดเล็กมาก มีราคาสูง แต่มีการนำสัญญาณที่ดี นิยมใช้ขนาด 62.5/128 ไมครอน แบบ Multi Mode ความเร็วสูงสุดที่รับได้คือ 100 Mbps เหมาะสำหรับใช้เป็น LAN Backbone สามารถใช้สายได้ยาวถึง 2 กิโลเมตรทีเดียว เหมาะสำหรับผู้ที่วางแผนที่จะใช้ระบบ FDDI (Fiber Distributed Data Interface) ที่มีความเร็วถึง 100 Mbps ในอนาคต

HUB

แม้ว่าระบบเครือข่ายแบบโทเก้นริงจะมีการต่อเชื่อมเป็นแบบริง แต่การต่อเชื่อมจริงจะมองเห็นเป็นแบบสตาร์ที่มี



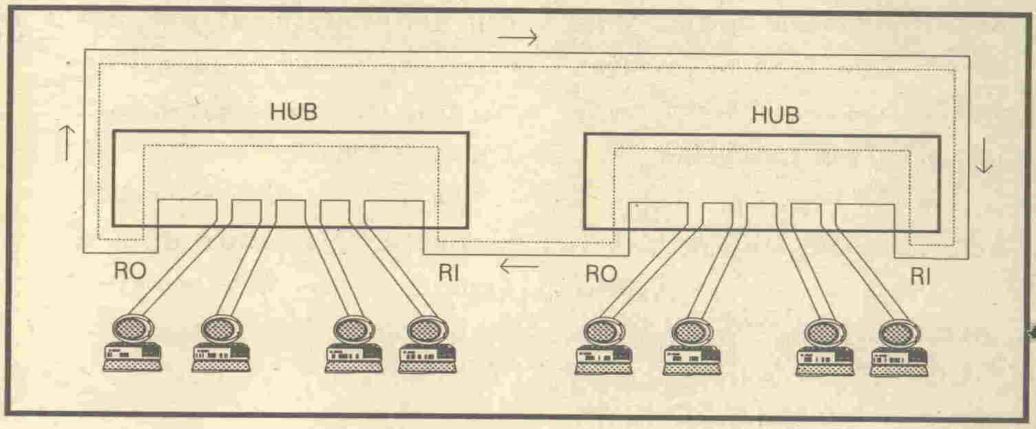
รูปที่ 5
สายสัญญาณในระบบโทเก้นริง



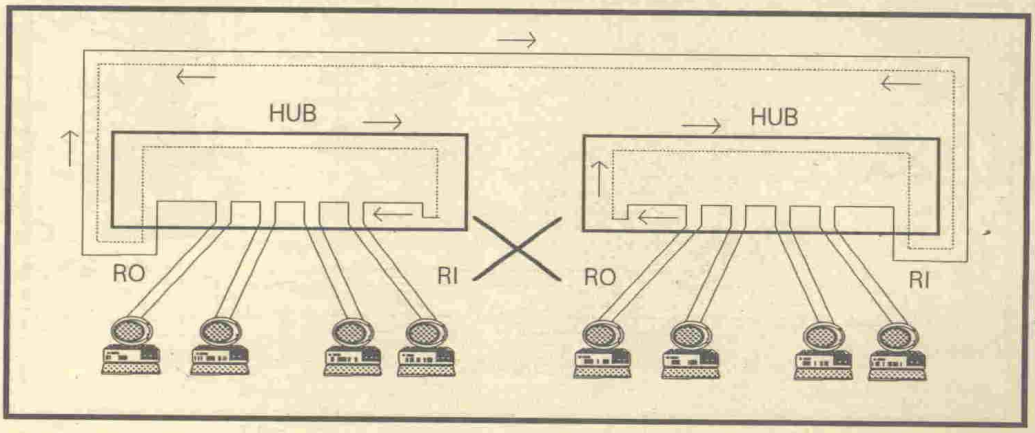
รูปที่ 6 HUB กับการต่อเชื่อมแบบสตาร์

การรวมสายไว้ใน HUB หรือคอนเซนเทรเตอร์ การต่อแบบสตาร์จะช่วยทำให้การเดินสายไปตามเวอร์กสเตชันต่างๆ มีความง่ายดายยิ่งขึ้น ภายใน HUB จะมีการเชื่อมต่อกันแบบริง ใน HUB หนึ่ง ๆ จะประกอบไปด้วยการต่อเชื่อม 2 ชนิดคือการต่อเชื่อมแบบ HUB ถึงเวอร์กสเตชัน และการต่อแบบ HUB ถึง HUB การต่อเชื่อมแบบหลังจะมีการเชื่อมต่อโดยกำหนดให้มีจุดต่อเชื่อมที่เป็น Ring In (RI) และ Ring Out (RO) เพื่อต่อเชื่อมกับ HUB ตัวอื่น ๆ ต่อไป ตัวอย่างของ HUB และการต่อเชื่อมกับเวอร์กสเตชันแสดงแสดงไว้ในรูปที่ 6

เมื่อต่อเชื่อม HUB มากกว่าหนึ่งตัวขึ้นไป (ดังในรูปที่ 7) คุณจะสามารถเห็นได้ว่าจะเกิด backup path ขึ้นมา (เส้นจุดไข่ปลา) เมื่อสายสัญญาณที่ต่อเชื่อมระหว่าง HUB และ HUB ขาด มันสามารถที่จะปิดวงจรที่จุดต่อเชื่อม RI และ RO เพื่อรักษาให้เวอร์กสเตชันในริงให้สามารถทำงานต่อไปโดยอาศัย backup path ทำให้ริงครบวงได้ ตัวอย่างที่แสดงให้เห็นถึงการใช้ backup path เมื่อสายสัญญาณขาดระหว่าง HUB และ HUB แสดงให้เห็นในรูปที่ 8



รูปที่ 7
การต่อเชื่อมระหว่าง HUB
สองตัวขึ้นไปทำให้เกิด backup path



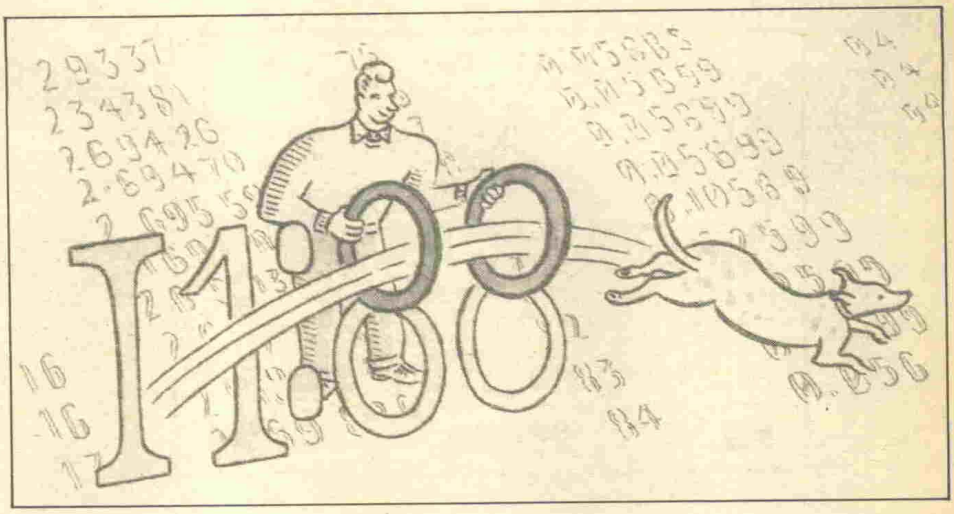
รูปที่ 8
การใช้ backup path
โดยผ่านจุดเชื่อมต่อ ring infringout

HUB ในระบบโทเก้นริงสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทคือ

1. **Passive HUB** คือ HUB ที่ไม่ต้องการไฟเลี้ยง มีราคาถูกเมื่อเทียบกับ HUB ประเภทอื่น เหมาะที่จะใช้งานกับริงที่มีเวอร์กสเตชันที่ไม่มากนัก มักมีจำนวนจุดต่อเชื่อมต่อ HUB เท่ากับ 8 จุดต่อตัว บวกด้วย ring in และ ring out อีกอย่างละจุด การเชื่อมต่อของ ring in/ring out เพื่อใช้ backup path เมื่อสายสัญญาณขาดสามารถทำได้ด้วยการดึงสายที่ต่อเชื่อมระหว่าง ring in และ ring out ออก ตัวอย่างของ Passive HUB ได้แก่ IBM 8228 หรือ Madge Ringhub

2. **Active HUB** คือ HUB ที่ต้องการไฟเลี้ยง มีราคาแพงกว่าแบบที่ 1 แต่มีความสามารถในการนำสัญญาณได้ดีกว่า เหมาะกับที่จะใช้กับระบบเครือข่ายที่มีจำนวนเวอร์กสเตชันปานกลางจนถึงมาก เมื่อสายระหว่าง HUB สองตัวขาดมันสามารถเชื่อมต่อสัญญาณภายในจุดเชื่อมต่อ ring in และ ring out เพื่อใช้ backup path ได้อย่างอัตโนมัติ

3. **Intelligent HUB** คือ Active HUB ที่มีความสามารถในการจัดการจุดต่อเชื่อมต่าง ๆ ใน HUB มี network management agent ที่สามารถควบคุมจุดต่อเชื่อมต่าง ๆ ได้ สามารถส่งข้อมูลของคุณภาพของสาย จำนวนเวอร์กสเตชัน error ต่าง ๆ แอดเดรสของโทเก้นริงการ์ดและอื่น ๆ อีกมากมาย ไปให้เวอร์กสเตชันที่ทำหน้าที่เป็น network mangement station เพื่อรวบรวมข้อมูลและแสดงให้ผู้ควบคุมเน็ตเวอร์กทราบถึงสภาพของเน็ตเวอร์กในขณะนั้น HUB ประเภทนี้เหมาะกับเน็ตเวอร์กที่จะโตขึ้นอย่างมากในอนาคต เพราะมีความสามารถในการจัดการเวอร์กสเตชันได้ สามารถเห็น error ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ HUB ประเภทนี้กำลังเป็นที่นิยมเป็นอย่างมาก ตัวอย่าง Intelligent HUB ได้แก่ Cabletron system, SynOptics system, Magde Smart-CAU/LAM, IBM 8230 CAU/LAM, Proteon, ฯลฯ



MAC Frame

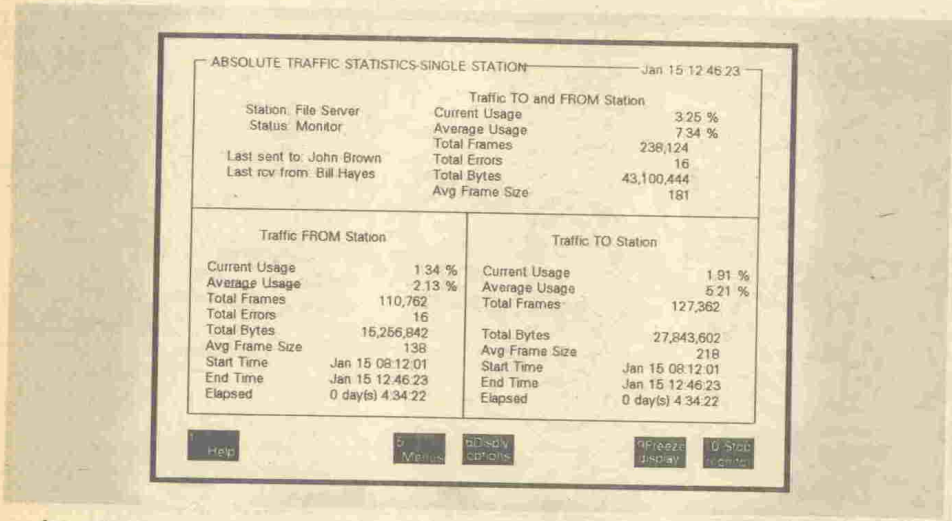
ในระบบโทเก้นริงต้องการการจัดการระดับเวอร์กสเตชันเพื่อที่จะจัดการตัวโทเก้นและเวอร์กสเตชันที่ต่อเชื่อมเข้ามาหรือเวอร์กสเตชันที่หลุดออกไปจากริง ในระบบการทำงานของเมนเฟรมตัวโปรเซสเซอร์หลักของระบบจะทำหน้าที่ในการจัดการเรื่องการตรวจเช็คทั้งหมด แต่ในระบบแลนซึ่งเป็นระบบกระจายกันทำงานจึงต้องการการจัดการที่อยู่ในระดับเวอร์กสเตชันแต่ละตัว ดังนั้นบริษัทไอบีเอ็มจึงสร้าง Media Access Control หรือเรียกง่าย ๆ ว่า MAC ไว้ในโทเก้นริงเวอร์กสเตชันแต่ละตัว MAC จะเป็นหัวใจหลักของระบบโทเก้นริง มันสามารถจัดการเวอร์กสเตชันต่าง ๆ ที่อยู่ในริงได้ มีความสามารถในการตรวจสอบและแจ้งข้อผิดพลาดต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นด้วยการส่ง MAC frame ไปแจ้งถึงสถานะภาพของเน็ตเวอร์ก MAC frame ที่ออกแบบโดยไอบีเอ็มมีความเป็นมาตรฐานมาก แลนการ์ดทุกใบที่ใช้โทเก้นริงชิพจาก TI (TMS380) ก็จะรู้จัก MAC frame ทั้ง 25 ตัว

MAC frame ที่ถูกสร้างไว้ในโทเก้นริงการ์ดแต่ละใบมีหน้าที่หลัก 5 ประการคือ

- ตรวจสอบสถานะของริง
- คอยตรวจสอบข้อผิดพลาดในระบบ (soft and hard errors)
- แก้ไขข้อผิดพลาด
- แยกปัญหาของสายสัญญาณและความผิดปกติของส่วนฮาร์ดแวร์ออก
- ดูแลเน็ตเวอร์กโหลด

Ring Management ภายใต้ MAC frame

ซอฟต์แวร์ทาง Network Management เช่น IBM LAN Manager, Madge Ring Manager หรือซอฟต์แวร์ของบริษัทเน็ตเวอร์กเจเนอรอล อย่าง



รูปที่ 9 ตัวอย่างของ Network Management Station ที่เก็บข้อมูลมาจาก MAC frame

Expert Sniffer สามารถที่จะจับเอาข้อมูลของ MAC frame มาแสดงให้ผู้ควบคุมเน็ตเวอร์กได้ทราบถึงสถานะของเน็ตเวอร์กและข้อผิดพลาดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบได้ ตัวอย่างในรูปที่ 9 เป็นซอฟต์แวร์ Expert Sniffer ของบริษัทเน็ตเวอร์กเจเนอรอลที่รับข้อมูลมาจาก MAC frame

ตัวอย่างซอฟต์แวร์การจัดการทางด้านเวอร์กสเตชันบางตัวที่มีอยู่ในโทเก้นริงการ์ดแต่ละใบ ข้อมูลต่าง ๆ ได้จากการที่การ์ดในเวอร์กสเตชันต่าง ๆ ส่ง MAC frame ไปมา

- **Ring Error Monitor (REM)** ทำหน้าที่คอยรับการแจ้งของข้อผิดพลาดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในเน็ตเวอร์กจากแลนการ์ดทุกใบที่ต่อเชื่อมเข้ามาในริง ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำมาใช้ในการแก้ไขเน็ตเวอร์กที่มีประสิทธิภาพต่ำได้

- **Active Monitor (AM)** จะมีได้เพียงแค่เวอร์กสเตชันเดียวเท่านั้นในหนึ่งริง ทำหน้าที่จัดการตัวโทเก้นที่วิ่งอยู่ในริง เมื่อเวอร์กสเตชันใดถูกจัดให้ทำหน้าที่เป็น AM เวอร์กสเตชันที่เหลือจะทำหน้าที่เป็น standby monitor ทันทีเพื่อเตรียมทำหน้าที่แทน AM เมื่อเกิดการเสียหายหรือหลุดออกจากริงไป AM จะทำหน้าที่แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบได้ เช่น ตัวโทเก้นหาย เป็นต้น AM ยังทำหน้าที่ส่ง MAC frame ชนิดหนึ่งไปให้เวอร์กสเตชันทั้งหมดในริงเพื่อให้มันหาแอดเดรสของเวอร์กสเตชันที่อยู่ก่อนหน้ามัน

- **Ring Parameter Server (RPS)** จะทำหน้าที่ส่งพารามิเตอร์และข้อมูลเริ่มต้นให้กับเวอร์กสเตชันตัวใหม่ที่ต่อเชื่อมเข้ามาในริง ข้อมูลต่าง ๆ รวมถึงเบอร์ประจำริงและอื่น ๆ อีกมากมาย RPS ยังทำหน้าที่แจ้งถึงปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในริงให้กับ Network Management Station อีกด้วย

- **Configuration Report Server (CRS)** ทำหน้าที่จัดการเวอร์กสเตชันในริง หน้าที่หลักของ CRS คือการเก็บข้อมูลที่สำคัญทางสถิติของการทำงานในริง และส่งผ่านข้อมูลเหล่านั้นไปให้ Network Management Station มันยังทำหน้าที่ปลดเวอร์กสเตชันออกจากริงตามคำสั่งของ Network Management Station อีกด้วย

การเชื่อมต่อเข้ากับริง

ทุกครั้งที่เวอร์กสเตชันแต่ละตัวจะเชื่อมต่อเข้ากับริงได้มันจะต้องผ่านขบวนการตรวจเช็คถึง 5 เฟสเพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น ขั้นตอนต่าง ๆ ในการตรวจเช็คจะถูกทำจากตัวเวอร์กสเตชันเอง จะเห็นได้ว่าระบบเครือข่ายแบบอีเธอร์เน็ต จะไม่มีระบบการตรวจสอบอย่างละเอียด ก่อนเชื่อมต่อเข้ากับระบบการตรวจสอบตั้งแต่เฟส 0 ถึง 4 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เฟสที่ 0 : ตรวจสอบสายสัญญาณและการเชื่อมต่อเข้ากับ HUB เน็ตเวอร์กการ์ดจะส่ง Lobe Test MAC frame ไปที่ HUB ซึ่งจะตรวจสอบ error ระหว่างการ์ดกับจุดเชื่อมต่อใน HUB ถ้า MAC frame วิ่งกลับมาโดยไม่มีข้อผิดพลาดใด ๆ โทเก้นริงการ์ดก็จะส่งกระแสไฟฟ้าที่เรียกว่า phantom current ไปที่ HUB เพื่อเชื่อมต่อวงจรเข้ากับริง คุณสามารถได้ยินเสียงคลิ๊กเบา ๆ จากตัว HUB ได้ด้วย

เฟสที่ 1 : ตรวจสอบ Active Monitor เวอร์กสเตชันที่ต่อเชื่อมเข้าไปในริง จะเริ่มต้นจับเวลาของตัวเองทันที เวอร์กสเตชันจะมองหา AM ที่อยู่ในริง โดยรอเพื่อจะเห็นหนึ่งในสาม MAC frame ดังต่อไปนี้

1. Active Monitor Present
2. Standby Monitor Present
3. Ring Purge

ถ้าพบตัวใดตัวหนึ่งในสาม MAC frame ก่อนที่จะถึงเวลาที่กำหนด การตรวจสอบก็จะข้ามไปที่เฟสต่อไป แต่ถ้าไม่พบ MAC frame ตัวใดตัวหนึ่งในสามตัว ก็จะทำการเปลี่ยนสถานะของตัวเองเป็น AM และเริ่มตรวจสอบใน

เฟสต่อไป

เฟสที่ 2 : ตรวจสอบแอดเดรสของตัวเองกับเวอร์กสเตชันในริง เวอร์กสเตชันจะส่ง Duplicate Address Test MAC frame เข้าไปในริงและจะวิ่งไปหาแอดเดรสของตัวเอง ดังนั้นถ้าไม่มีเวอร์กสเตชันใดในริงที่มีแอดเดรสเหมือนกับมัน มันก็จะรับ MAC frame ของตัวเองเข้ามา แต่ถ้า MAC frame ไม่กลับมา มันก็จะปลดตัวเองออกจากริง และเริ่มการต่อเชื่อมกับริงใหม่ นี้เป็นการตรวจสอบการส่งรับ frame ของเวอร์กสเตชันไปในตัวด้วยว่าทำได้อย่างถูกต้องหรือไม่

เฟสที่ 3 : ตรวจสอบเวอร์กสเตชันที่อยู่ติดกับมัน เฟสนี้ตัวเวอร์กสเตชันจะตรวจสอบแอดเดรสของเวอร์กสเตชันที่อยู่ก่อนหน้ามัน และส่งแอดเดรสของตัวเองให้กับเวอร์กสเตชันที่อยู่ถัดไป ถ้ามีปัญหาในการรับหรือส่งแอดเดรสมันจะปลดตัวเองออกไปจากริง และเริ่มต้นขบวนการต่อเชื่อมเข้ากับริงใหม่

เฟสที่ 4 : เป็นการขอพารามิเตอร์และข้อมูลเริ่มต้น ในเฟสนี้เวอร์กสเตชันจะส่ง Request Initialization MAC frame ออกไปถึง RPS ซึ่งจะทำให้ RPS ทราบว่าเวอร์กสเตชันตัวนี้เพิ่งต่อเชื่อมเข้ามาในริง และพร้อมที่จะรับพารามิเตอร์พิเศษจาก RPS ถ้า RPS เห็นว่ามีจำนวนเวอร์กสเตชันอยู่ในริงมากเกินไปก็จะส่งข้อมูลไปให้ CRS เพื่อส่ง Remove Ring Station MAC frame ออกมาที่เวอร์กสเตชันตัวใหม่ ทำให้มันถูกปลดออกจากริง

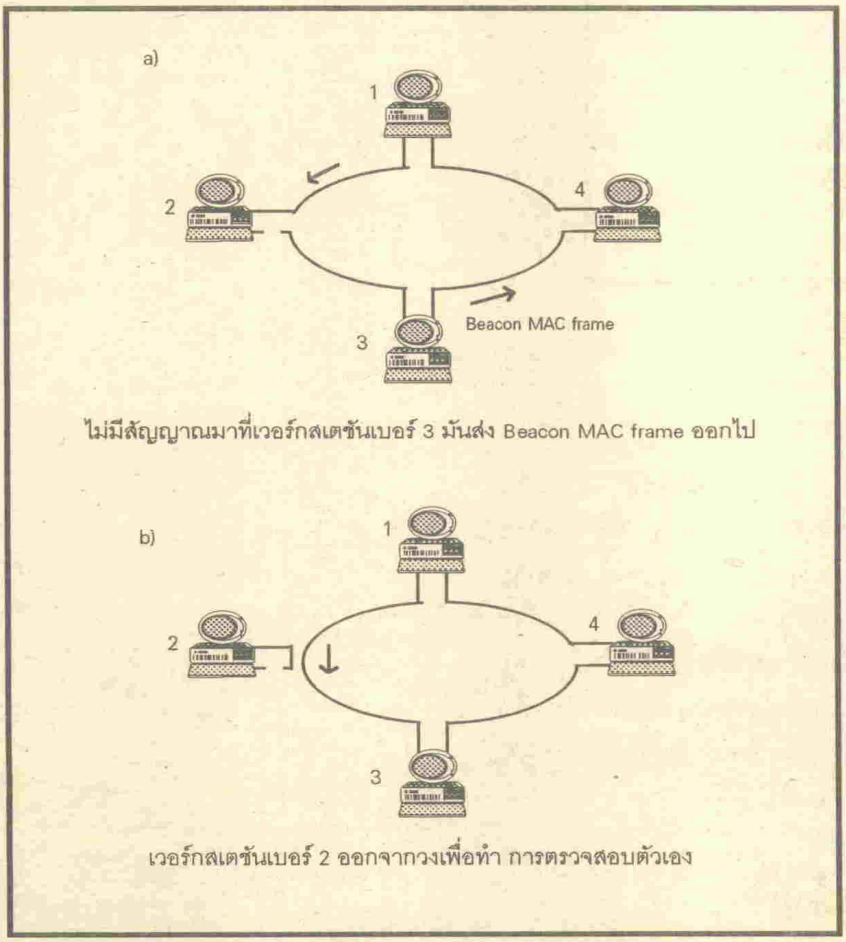
เมื่อเวอร์กสเตชันผ่านการตรวจสอบทั้ง 5 เฟสนี้แล้ว มันก็จะต่อเชื่อมเข้ามากับระบบโทเก้นริงได้อย่างสมบูรณ์

Beaconing

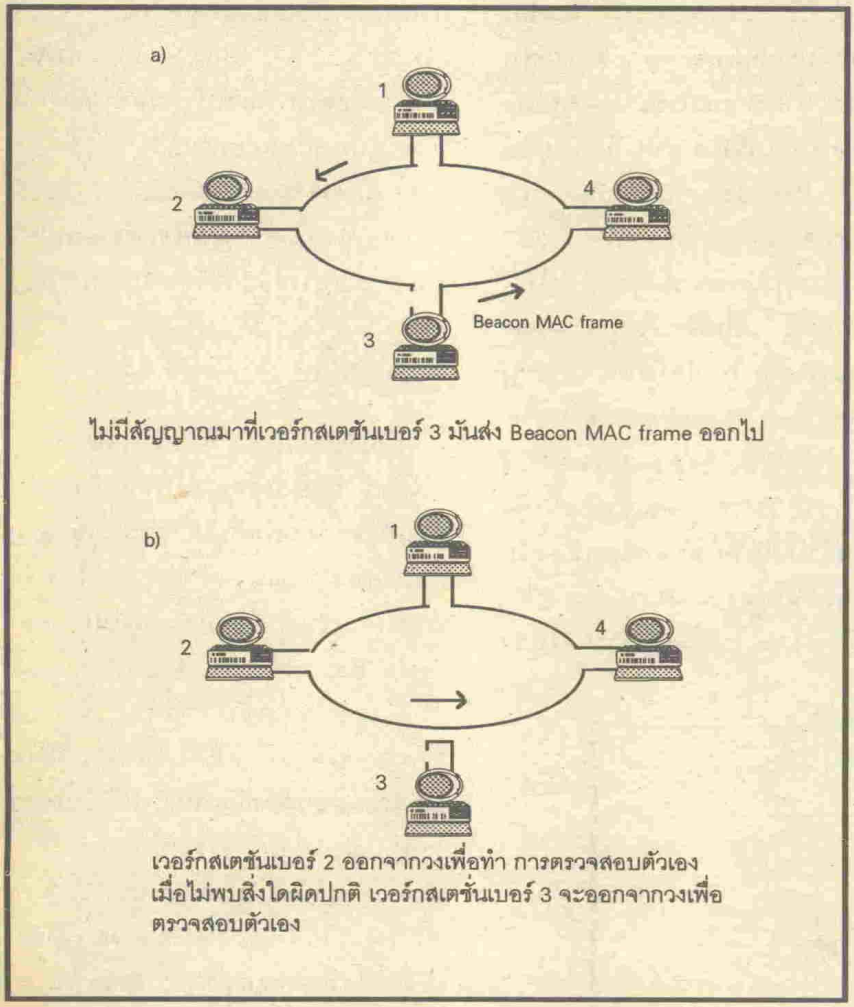
Beaconing คือวิธีการของโทเก้นริงที่เกิดขึ้นเมื่อเวอร์กสเตชันตัวใดตัวหนึ่งตรวจสอบพบว่าเกิดความเสียหายต่อสายสัญญาณของตัวเอง หรือของเวอร์กสเตชันตัวที่อยู่ก่อนหน้ามัน มันก็จะส่ง Beacon MAC frame ออกมา

เวอร์กสเตชันตัวที่ส่ง Beacon MAC frame ออกมาอาจจะไม่ใช่เวอร์กสเตชันตัวที่เกิดปัญหาก็ได้ แต่ตัวที่เกิดปัญหาส่วนใหญ่จะเป็นเวอร์กสเตชันตัวที่อยู่ก่อนหน้าเวอร์กสเตชันตัวที่ส่ง Beacon MAC frame ออกมานั่นเอง ตัวอย่างของการ Beaconing สามารถแสดงได้ในรูปที่ 10

จากรูป 10a เมื่อเวอร์กสเตชันเบอร์ 3 ไม่ได้รับสัญญาณใด ๆ จากเวอร์กสเตชันตัวก่อนหน้ามัน มันก็จะส่ง Beacon MAC frame ออกไปพร้อมกับแอดเดรสของเวอร์กสเตชันตัวก่อนหน้ามัน เมื่อ Beacon MAC frame วิ่งไปจนถึงเวอร์กสเตชันเบอร์ 2 มันก็จะทราบได้ว่าสายสัญญาณที่เสียหายอยู่ระหว่างมันกับเวอร์กสเตชันเบอร์ 3 ด้วยแอดเดรสของมันที่มากับ Beacon MAC frame มันก็จะตัดตัวเองออกจากริง เพื่อทำการตรวจสอบตัวเองว่ามีปัญหาเรื่องสายสัญญาณหรือไม่ ในรูป 10b เมื่อเวอร์กสเตชันเบอร์ 2 พบว่าปัญหาอยู่ที่สายของมัน มันก็จะไม่



รูปที่ 10 Beaconing ที่สายสัญญาณขาออกของเวอร์กสเตชันเบอร์ 2



รูปที่ 11 Beaconing ที่สายสัญญาณเข้าของเวอร์กสเตชันเบอร์ 3

พยายามกลับไปต่อเชื่อมกับริงอีก จะเห็นว่าเวอร์กสเตชันที่เกิดปัญหาจะอยู่ก่อนหน้าเวอร์กสเตชันที่ส่ง Beacon MAC frame ออกไป

แต่ถ้าปัญหาอยู่ที่สายสัญญาณขาเข้าของเวอร์กสเตชันเบอร์ 3 ดังที่แสดงในรูปที่ 11

คล้ายกับตัวอย่างในรูปที่ 10 คือ เมื่อเวอร์กสเตชันเบอร์ 2 ทำการปลดตัวเองออกจากริงเพื่อทำการตรวจตัวเอง และไม่พบสิ่งใดผิดปกติมันก็จะต่อเชื่อมกลับเข้ามาในริงหลังจากนั้นช่วงเวลาหนึ่ง เมื่อเวอร์กสเตชันเบอร์ 3 ยังไม่สามารถรับสัญญาณใด ๆ ได้ มันก็จะปลดตัวเองออกไปจากริงเพื่อทำการตรวจสอบตัวเอง เมื่อไม่ผ่านมันก็จะไม่ต่อเชื่อมตัวเองกลับเข้าไปในริง จะเห็นว่าเวอร์กสเตชันที่เกิดปัญหาคือเวอร์กสเตชันที่ส่ง Beacon MAC frame ออกไป

บทส่งท้าย

รายละเอียดของการทำงานในระบบโทเก้นริงยังมีอยู่อีกมาก ผู้เขียนหวังว่าบทความนี้จะเป็นประโยชน์กับผู้อ่านเพื่อนำเอาระบบเครือข่ายแบบโทเก้นริงไปเปรียบเทียบกับระบบอื่น ๆ ที่ท่านผู้อ่านจะเลือกใช้ หรือเป็นประโยชน์กับนักเรียน นักศึกษาที่สนใจในการทำงานของระบบนี้โทเก้นริงยังสามารถต่อเชื่อมกับอีเธอร์เน็ตและเน็ตเวอร์กประเภทอื่นได้โดยใช้อุปกรณ์ประเภท Bridge/Router ปัจจุบันระบบโทเก้นริงกำลังเป็นที่สนใจกันอย่างมาก เพราะมีวิธีการจัดการเวอร์กสเตชันได้อย่างดีเยี่ยม อีกไม่นานผู้เขียนคาดเดาว่าจำนวนเวอร์กสเตชันที่อยู่ในระบบโทเก้นริงจะมีมากกว่าจำนวนเวอร์กสเตชันที่อยู่ในระบบอีเธอร์เน็ตแน่นอน